



PROTECCIÓN RADIOLÓGICA ASOCIADA AL TRATAMIENTO CON ^{177}Lu

César Quilis, Residente Radiofísica Hospitalaria, Hospital Clinic
Barcelona

3ª Jornada de Residentes de la Societat Catalana de Física Mèdica
Barcelona, 2 de Novembre de 2015



CONTENIDO

- 1.- Introducció
- 2.- Aplicació del ^{177}Lu
- 3.- Característiques físiques ^{177}Lu
- 4.- Tractament Ambulatorio
- 5.- Tractament con Hospitalització
 - 5.1.- Càlcul Blindaje Habitación
 - 5.2.- Instruccions a Pacientes y Familiares
 - 5.3.- Gestió de Residuos
- 6.- Idoneidad sala Tractament (^{131}I)



1.- Introducció

Desde Medicina Nuclear se nos plantea la necesidad del tratamiento con



Realizaci3n de un estudio de la sala de Tratamiento Metab3lico en t3rminos de blindajes as3 como de la gesti3n de residuos y la solicitud de la ampliaci3n de la Instalaci3n Radiactiva



Datos que requerimos: caracter3sticas radion3clido, plano de habitaci3n, factor de ocupaci3n planta, tratamientos/año, v3as eliminaci3n, etc



A partir de estos datos decidiremos/evaluaremos si podemos realizar estos tratamientos desde el punto de vista de PR



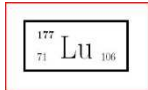
2.- Aplicación ^{177}Lu

- El radionúclido ^{177}Lu , unido a la cadena DOTA, se utiliza en el tratamiento de tumores gastro-entero-pancreáticos neuroendocrinos
- 2 fármacos con 2 dosis distintas disponibles conteniendo ^{177}Lu :
 - BETALUTIN: un máximo de 43 mCi en tratamiento ambulatorio de 6h (recogida de orina)
 - LUTATHERA: 200 mCi (7,4 GBq): permanencia de 24 h mínimas bajo control del SPR en habitación de tratamiento metabólico



3.- Características Físicas ¹⁷⁷Lu

Acudimos al LNHB(1) y obtenemos:



Generación de ^{177m}Lu, como producto derivado, con T_{1/2}= 160d, lo que nos acarrea problemas de Gestión de Residuos

Posee un valor de desclasificación más bajo y T_{1/2} alto, pero se genera en baja proporción (^{177m}Lu / ¹⁷⁷Lu < 0,02%)

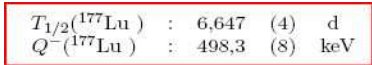
Necesidad de solicitar una modificación de la instalación radiactiva al CSN para la gestión del ^{177m}Lu, además del ¹⁷⁷Lu

2.1 β⁻ Transitions

	Energy keV	Probability × 100	Nature	lg ft
β _{0,3}	177,0 (8)	11,64 (10)	Allowed	6,1
β _{0,2}	248,6 (8)	0,012 (8)	1st forbidden Unique	9,2
β _{0,1}	385,4 (8)	9,1 (5)	1st Forbidden	7,3
β _{0,0}	498,3 (8)	79,3 (5)	1st Forbidden	6,7

2.2 Gamma Transitions and Internal Conversion Coefficients

	Energy keV	P _{γ,trans} × 100	Multipolarity	α _K	α _L	α _M	α _T
γ _{3,2} (Hf)	71,6418 (6)	0,327 (6)	E1+M2	0,715 (14)	0,138 (6)	0,0317 (14)	0,894 (22)
γ _{1,0} (Hf)	112,9498 (4)	20,29 (7)	M1+95,1%E2	0,817 (12)	1,104 (6)	0,2755 (14)	2,272 (5)
γ _{2,1} (Hf)	136,7245 (5)	0,1014 (7)	M1+90%E2	0,559 (21)	0,456 (7)	0,1129 (21)	1,158 (18)
γ _{3,1} (Hf)	208,3662 (4)	11,09 (7)	E1+0,54%M2	0,055 (4)	0,0094 (10)	0,00216 (24)	0,968 (5)
γ _{2,0} (Hf)	249,6742 (6)	0,2296 (21)	E2	0,091	0,038	0,009	0,141
γ _{3,0} (Hf)	321,3159 (6)	0,233 (8)	E1+M2	0,06 (5)	0,012 (10)	0,0028 (22)	0,08 (6)



(1): Laboratoire National Henri Becquerel, Francia



4.- Tratamiento Ambulatorio (1)

- Administración de una dosis máxima aproximada de 43 mCi
- Inyección en sala administración de dosis del Servicio de Medicina Nuclear
- Uso de protecciones por parte de enfermería: delantales plomados, protectores de jeringa, via colocada previamente al paciente, etc
- Recogida de orina 6 primeras horas para almacenar en el depósito de residuos líquidos
- Por baja Actividad inyectada no es necesario control de Tasa ni inicial ni al alta del paciente



4.- Tratamiento Ambulatorio (2)





5.- Tratamiento con Hospitalización

- Dosis prescrita de 200 mCi
- Hospitalización de un mínimo de 24h
- Por razones de Protección Radiológica → necesidad de habitación individual → El hospital ya dispone de una habitación
- Inyección del Radiofármaco en la habitación con idénticas medidas seguridad que en Tratamiento Ambulatorio
- Transporte del Radiofármaco desde MN hasta habitación por personal capacitado siguiendo rutas establecidas en protocolo del SPR Hospital Clinic



5.- Tratamiento con Hospitalización

- Efectuamos control de hospitalización:
 - Control de la evolución del paciente con medidas de la tasa de exposición
 - A partir de la Medida de Actividad → Control Actividad alojada en depósitos de orina. De este modo estimamos el consumo de orina.

¿Podemos, por lo tanto, controlar el Tratamiento Metabólico?



de Tratamiento hospital?



5.1.- Cálculo Blindaje Habitación (1)

Para calcular blindajes necesitamos saber:

- Características de la Sala → Plano
- Cuál es el uso de las salas anexas: Público o TPE → Límite Dosis
- Cuáles son los factores de ocupación
- Características del Radionúclido → Tipo desintegración
→ Energía
→ Constante Gamma de Radiación



5.1.- Cálculo Blindaje Habitación (2)

- Plano Habitación 7.1
- Suponemos todo radionúclido en 1 único punto
- Planteamos 5 Zonas de cálculo más planta superior e inferior
- Aplicamos ecuación (2) :

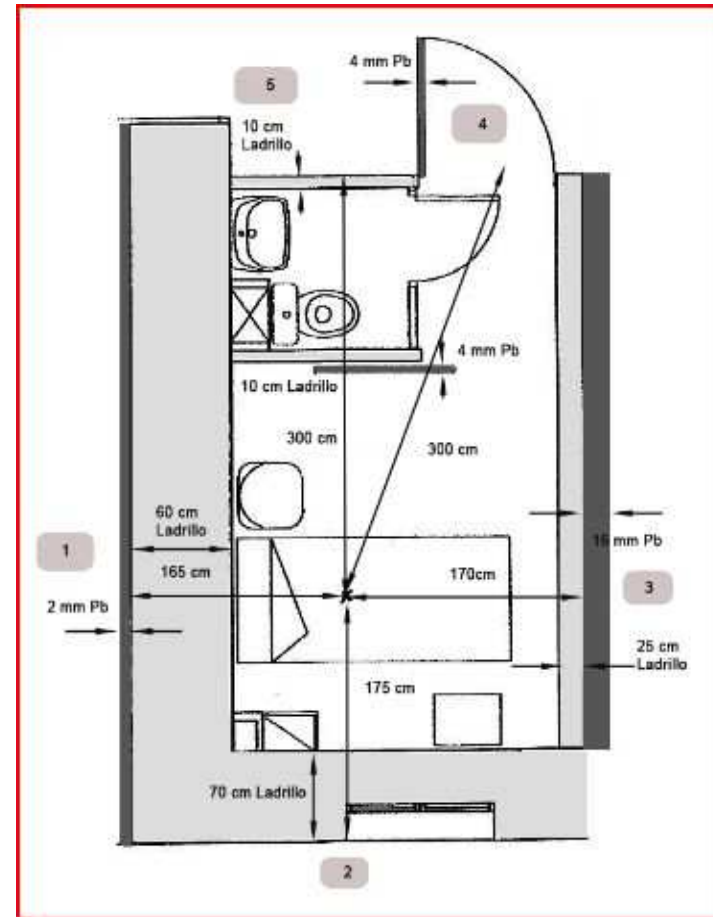
$$\dot{X} = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \Gamma \frac{A}{d^2} \quad (4.26)$$

Γ^* : Constante específica de tasa de exposición γ de la fuente.

- Con la Constante Gamma del ^{177}Lu 1,587 mSv cm²/mCi h (3)

(2): "Física Nuclear y de Partículas"; Antonio Ferrer Soria, Universidad de Valencia 2006

(3): "Exposure Rate Constants and Lead Shielding Values for over 1.100 radionuclides" de David Smith Michael G. Stabin. Health Physics March 2012, Volume 102, Number3 . pag 271-291"





5.1.- Cálculo Blindaje Habitación (3)





5.1.- Cálculo Blindaje Habitación (4)

- El uso de las salas anexas marcan la limitación de la Tasa de Exposición
- En función de la zona, tomamos un factor de ocupación 0,1/4 o 1 ⁽⁴⁾, y además 2000 h/año
- Características Radionúclido
- Público: Límite de 1mSv/año → 0,5 μSv/h
- TPE: 20 mSv/año
- T = 1, zonas de máxima ocupación
- T = 1/4, pasillos, vestidores
- T = 1/16, salas de espera, escaleras
- T = 0, zonas sin ocupación
- Emisor Gamma de E = 208 KeV
- Emisor Beta (sólo interés clínico)
- T_{1/2} = 6,7d

(4): NCRP Report 49: Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X Rays and Gamma Rays of Energies up to 10 MeV.

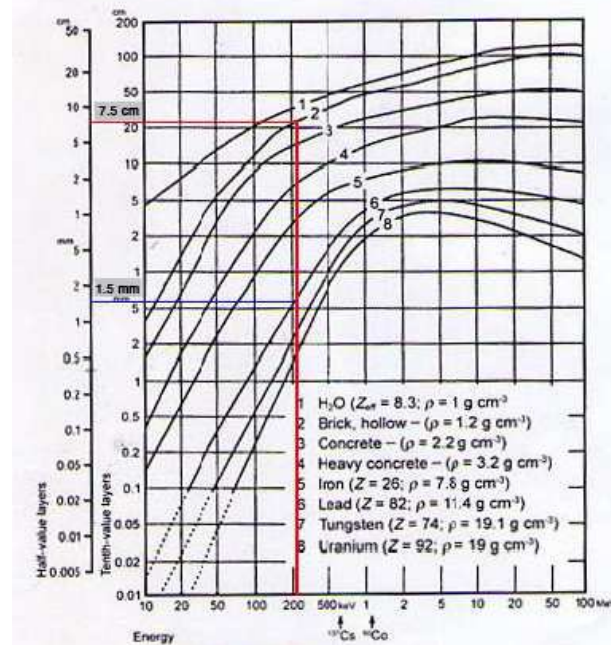


5.1.- Cálculo Blindaje Habitación (5)

Para calcular los blindajes pasamos todos los espesores a espesores equivalentes en Pb.

Estos datos los tomamos del Anexo A que encontramos en la publicación nº 151 de la NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements)

Supporting Data (Figures)





5.1.- Cálculo Blindaje Habitación (6)

Tabla con resultados de blindajes necesarios:

Punto plano	Posición	Distancia (m)	T	Blindaje calculado (mm Pb)	Blindaje existente (mm de Pb)	Equivalencia paredes existentes	Blindaje total (mm Pb)
1	Entrada de sala de Extracciones	1,65	1	2,4 mm	2 mm	60 cm ladrillo (12 mm Pb)	14 mm
2	Exterior (sin posibilidad de acceso)	1,75	0	-	-	60 cm ladrillo (12 mm Pb)	12 mm
3	Habitación paciente	1,70	1	2 mm	16 mm	25 cm ladrillo (5 mm Pb)	21 mm
4	Puerta pasillo hospital	3,00	1/4	0,43 mm	8 mm	-	8 mm
5	Pared pasillo sala hospital	3,00	1/4	0,43 mm	-	20 cm ladrillo (4 mm Pb)	4 mm
Suelo	Mostrador recogida muestras	2,50	1	1,79 mm	-	25 cm hormigón (9,3 mm Pb)	9,3 mm
Techo	Habitación hospital	2,50	1	1,79 mm	-	25 cm hormigón (9,3 mm Pb)	9,3 mm



5.2.- Instrucciones a Paciente y Familiares

- Cuando al paciente ingresa se le indican cuáles son los peligros radiológicos del tratamiento a realizar
- Al recibir el Alta, le damos unas recomendaciones⁽⁵⁾ debido al carácter radiactivo del tratamiento recibido, por ejemplo:
 - No mantener relaciones durante los 6 meses posteriores al tratamiento
 - Interrupción temporal de la lactancia
 - Evitar contacto con niños durante el tiempo indicado
 - Estas restricciones están tomadas del tratamiento con ^{131}I , pero son menos restrictivas puesto que la tasa es muy baja

(5): Publicación 94 de ICRP: "Release of Patients after Therapy with Unsealed Radionuclides"



5.3.- Gestión de Residuos

Sólidos:

- Residuos generados durante administración de dosis → Recipiente para alojamiento de restos: viales, jeringas, etc
- Papeles y empapadores en caso de vertidos
- Ropa: no eliminación ^{177}Lu por sudor → no hay contaminación en ropa
- Valores límite para la eliminación acudimos a los Valores de Exención para nucleidos⁽⁶⁾ y tomamos la actividad máxima específica:

Lu-177	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$	(KBq/Kg)
Lu-177m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$	

- Almacenamiento de todos los residuos sólidos hasta que sean considerados como residuos desclasificados
- Debido al gran $T_{1/2}$ ($^{177\text{m}}\text{Lu}$), si hay mucha actividad, se puede solicitar la retirada a ENRESA

(6): Instrucción IS-05 del CSN, de 26 de Febrero de 2003 (RD 1836/1999)



5.3.- Gestión de Residuos

Líquidos:

La habitación posee baño especial para separar los 2 tipos de residuos
Residuos de orina en depósito, ¿cuánto podemos verter?

- Dosis efectiva comprometida por unidad de incorporación⁽⁷⁾ para ^{177}Lu y $^{177\text{m}}\text{Lu}$:

Lu-177	6,71 d	0,005	$6,1 \cdot 10^{-9}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-9}$	$2,0 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$6,6 \cdot 10^{-10}$	$5,3 \cdot 10^{-10}$	(Sv/Bq)
Lu-177m	161 d	0,005	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$5,8 \cdot 10^{-9}$	$3,6 \cdot 10^{-9}$	$2,1 \cdot 10^{-9}$	$1,7 \cdot 10^{-9}$	

- Consumo de agua de la instalación (11000 m³/mes)
- Consumo agua hombre patrón: 2.5 l/día

(7): Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes de 2001 (RD 783/2001)



5.3.- Gestión de Residuos

Líquidos:

- Con estos datos calculamos la cantidad que se puede verter al alcantarillado, siempre que no se superen los 10 GBq de ^3H , 1GBq de ^{14}C y 1GBq el resto de radionucleidos⁽⁸⁾ por separado
- Además, según una recomendación del CSN se hace más restrictivo el vertido, ya que sólo se permite verter 1/100 del valor calculado

(8):Instrucción IS-28 del CSN, de 22 Septiembre de 2010



5.3.- Gestión de Residuos

Líquidos:





5.3.- Gestión de Residuos

Hoja de medidas dónde se anotan las tasas del paciente tomadas a 1m



CONTROL RADIOLÓGICO DE PACIENTES TRATAMIENTOS DE TERAPIA METABÓLICA

PACIENTE:

ACTIVIDAD TOTAL ADMINISTRADA:

FECHA DE INGRESO:

FECHA PREVISTA DE SALIDA:

TASA DE DOSIS A 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)

MEDIDA	FECHA	TASA DE DOSIS	HORA DE MEDIDA

SERVICIO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Se recomienda una breve permanencia limitada a la atención adecuada del paciente.

Límite anual de dosis para trabajadores profesionalmente expuestos: 20 mSv

Límite anual de dosis para miembros del público: 1 mSv

(Real Decreto 783/2001, Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes)

Sólo está permitida la entrada a personal autorizado de Protección Radiológica, Medicina Nuclear y Sala de Hospitalización 7.1



6.- Idoneidad Habitación Terapia

- Con los cálculos de las tasas en la mano podemos concluir que, efectivamente, la sala puede albergar tratamientos con ^{177}Lu
- Pero ¿podríamos habernos ‘saltado’ este cálculo sabiendo que se realizan tratamientos de ^{131}I ?
- Considerando todos los cálculos a una distancia dada:
$$\Gamma(^{177}\text{Lu})/\Gamma(^{131}\text{I}) = 1,6/19,3 \text{ (mSv cm}^2/\text{ mCi h)}$$
$$A(^{177}\text{Lu})/A(^{131}\text{I}) = 200/100 \text{ (mCi)}$$
- Con lo que las relaciones entre las tasas de exposición quedarían:
$$\dot{X} (^{177}\text{Lu})/\dot{X} (^{131}\text{I}) = 320/1930 \sim 0,166$$
- Por lo que podemos concluir que la tasa del Lu es aproximadamente la 1/5 de la correspondiente al I. De manera que podríamos considerar apropiada la instalación para realizar tratamientos ^{177}Lu



Muchas gracias por la atención
prestada